

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平5-104276

(43)公開日 平成5年(1993)4月27日

(51)Int.Cl.⁵
B 23 K 26/06
26/08
H 01 S 3/109

識別記号 庁内整理番号
E 7920-4E
N 7920-4E
8934-4M

F I

技術表示箇所

(21)出願番号 特願平3-266667

(22)出願日 平成3年(1991)10月16日

(71)出願人 000003078

株式会社東芝

神奈川県川崎市幸区堀川町72番地

(72)発明者 野田 悅夫

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

(72)発明者 鈴木 節雄

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

(72)発明者 森宮 倭

神奈川県川崎市幸区小向東芝町1番地 株式会社東芝総合研究所内

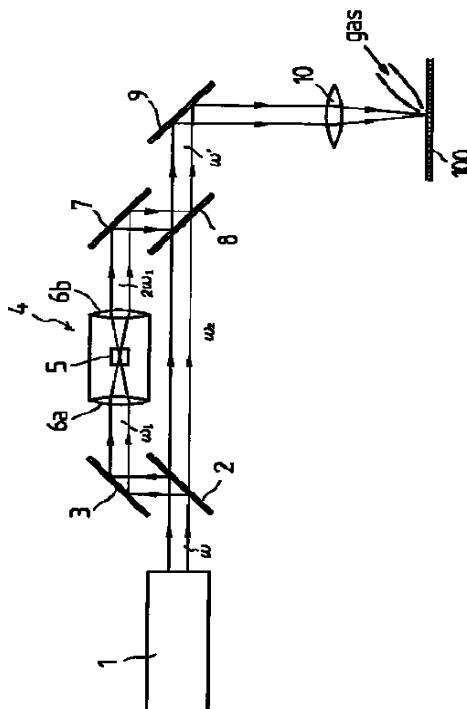
(74)代理人 弁理士 則近 嘉佑

(54)【発明の名称】 レーザ加工装置およびレーザによる加工方法

(57)【要約】

【目的】銅やアルミニウムなどの反射率の高い被加工物を容易に加工することができ、しかもSUSや鉄などの加工性能を向上させることができる小型で高性能のレーザ加工装置の提供を目的とする。

【構成】長波長レーザ発振源であるYAGレーザ1から照射されるレーザビーム ω (波長 $1.06\mu\text{m}$)を遙倍波発生装置4に導く。遙倍波発生装置4はKTP, ADP, BBO, TiNbO₃などの結晶からなる遙倍波発生用結晶5を有しており、2倍の周波数つまり波長 $0.53\mu\text{m}$ のレーザビーム $2\omega_1$ (短波長レーザビーム)を生成する。そして両レーザビームを被加工物100に集光照射して加工を行う。本発明によれば、短波長のレーザビームによって金属表面を溶かして長波長レーザビームの吸収のきっかけを作り、続いて長波長レーザビームで主加工を行うことにより、金属を効率良く奥深くまで溶かすことが可能となる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】レーザビームを発生するレーザ発振源と、レーザ発振源から発生するレーザビームを遅倍波とする遅倍波発生装置と、
遅倍波とされたレーザビームと、
レーザ発振源から発生するレーザビームとを被加工物に導くビーム光路と、
を有することを特徴とするレーザ加工装置。

【請求項2】レーザ発振源から発生するレーザビームを遅倍波とし、このレーザビームとレーザ発振源から発生するレーザビームとを被加工物に照射して被加工物を加工することを特徴とするレーザによる加工方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、被加工物にレーザビームを照射して被加工物の切断や溶接などを行うレーザ加工装置およびレーザによる加工方法に関する。

【0002】

【従来の技術】従来、レーザを用いた被加工物の加工方法としては、長波長レーザであるCO₂レーザ（波長1.06μm）やYAGレーザ（波長1.06μm）を連続出

2
*力、あるいはパレス出力する方法が採用されていた。これらのレーザは、可視光以下の短波長レーザと比較して大出力を容易に得ることができ、かつ発振効率が高いという特徴がある。

【0003】図11は、従来のレーザ加工装置の光学系の概略図である。ここで101はYAGレーザであり、レーザビームωを発生する。レーザビームωはミラー102によりその進行方向が偏向され、集光レンズ103によって被加工物100の表面に集光照射され、被加工物100を加工する。なお、被加工物100の加工部分付近にはレーザ加工のためのガス雰囲気が形成されている。

【0004】しかしながら、銅やアルミニウムなどを加工する場合には、銅やアルミニウムなどは（表面）反射率が大きく、レーザビームのエネルギーの大部分（90%以上）をその表面で反射してしまう。そのため、長波長レーザは銅やアルミニウムなどの加工には向かないという欠点がある。こういった傾向は、一般にレーザの波長が長くなる程大きくなる。以下に、代表的な波長に対する（反射率の高い）金属の反射率を示す。

【0005】

【表1】

波長 (μm)	金属表面の反射率 (%)		
	銅	アルミニウム	ロジウム
0.25	37.0	92.1	63.0
0.3	33.6	92.3	71.2
0.5	60.0	91.8	77.4
1.0	98.5	93.9	85.0
10.0	98.8	98.0	96.0

【0006】一方、金属表面が溶けたり、プラズマ化し

※に増大することが知られている。そのため、レーザパルスの立上がり部分のピークパワーを特に高くしたエンハ

ンストパルス出力のレーザを用いることにより（反射率の高い被加工物の）加工性能を向上させる方法が、CO₂ レーザなどで行われている。図12に、連続出力、パルス出力、エンハンスト出力におけるレーザ出力波形を示す。

【0007】このようなエンハンストパルス出力によるレーザ加工は、SUSや鉄（などの反射率の低い被加工物）に対しては非常に有効であることが確認されている。しかしながら、（反射率の高い）銅やアルミニウムなどには必ずしも有効ではない。

【0008】また、被加工物が銅やアルミニウムであっても、短波長（可視または紫外）レーザを用いることによってレーザビームの吸収率を高めることができると、前述のように短波長レーザは出力が小さく発振効率も低いため、加工用には適さない。特に、肉厚の被加工物を加工することは不可能であった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】以上のように従来は、大出力が容易に得られて発振効率が高い長波長レーザを用いたレーザ加工装置が使用されていたが、銅やアルミニウムなどの反射率の高い被加工物を加工するのには向いていなかった。

【0010】本発明はこういった従来の問題点を解決するものであり、銅やアルミニウムなどの反射率の高い被加工物を容易に加工することができ、しかもSUSや鉄などの加工性能を向上させることができる小型で高性能のレーザ加工装置の提供、またレーザによる加工方法の提供を目的とするものである。

【0011】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するために本発明においては、レーザビームを発生するレーザ発振源と、レーザ発振源から発生するレーザビームを遙倍波とする遙倍波発生装置と、遙倍波とされたレーザビームと、レーザ発振源から発生するレーザビームとを被加工物に導くビーム光路とを有するレーザ加工装置とした。

【0012】また、レーザ発振源から発生するレーザビームを遙倍波とし、このレーザビームとレーザ発振源から発生するレーザビームとを被加工物に照射して被加工物を加工するレーザによる加工方法とした。

【0013】

【作用】遙倍波発生装置を用いれば、レーザ発振源から発生したレーザビームの波長を変化させることができる。そして波長の異なるレーザビームを被加工物に照射するように構成すれば、まず短波長のレーザビームによって（パルス的に金属表面に照射して）金属表面を溶かし、続いて吸収の高い長波長のレーザビームによって金属表面に容易に加工がなされる。したがって、主加工を大出力の長波長レーザで行うことも可能となり、被加工物の加工性能の向上が達成される。

【0014】

【実施例】以下、添付図面を参照して本発明を説明する。図1は本発明の第1実施例に係るレーザ加工装置の装置構成図である。なお、この例では、レーザ発振源として長波長のYAGレーザを使用している。

【0015】YAGレーザ1から照射されたレーザビーム ω （波長1.06 μm）は、部分反射ミラー2によって時系列的に2本のビーム ω_1 、 ω_2 に分離される。そして一方のレーザビーム ω_1 は、ミラー3を介して遙倍波発生装置4に入射される。

【0016】遙倍波発生装置4は、KTP、ADP、BBO、TiNbO₃などの結晶からなる遙倍波発生用結晶5、および波長の変換効率を高めるために設けられたレンズ6a, 6bを有している。レーザビーム ω_1 はレンズ6aを通過して遙倍波発生用結晶5に集光され、ここでは2倍の周波数つまり波長0.53 μmのレーザビーム $2\omega_1$ （短波長レーザビーム）が生成される。そして、レーザビーム $2\omega_1$ はレンズ6bを介して遙倍波発生装置4の外部に出射される。

【0017】そして、レーザビーム $2\omega_1$ はミラー7によって反射され、合成ミラー8に導かれる。合成ミラー8としては、レーザビーム ω_2 を透過してレーザビーム $2\omega_1$ を反射するような周波数特性を有するものが選択される。これによってレーザビーム $2\omega_1$ とレーザビーム ω_2 とが再び合成され和周波とされる。この合成ビーム ω' （= $2\omega_1 + \omega_2$ ）はミラー9、集光レンズ10によって被加工物100上に集光照射され、これによって被加工物100の切断、溶接などが行われる。なお、被加工物100の加工部分付近には、同図に示すように、レーザ加工のためのガス雰囲気を形成してもよい。また、集光レンズ10としては、通常の凸レンズの他に、波長特性の少ないアクロマートレンズを利用することも可能である。

【0018】一般に、YAGレーザ、CO₂レーザなどの長波長レーザは大出力が容易に得られるが、銅、アルミニウムなどの金属表面での吸収率が小さいという欠点を持っている。一方、可視光以下の短波長レーザは大出力が得られにくいが、金属表面での吸収率が比較的大きい。

【0019】例えば、銅を例にとった場合、表1より、1 μmと0.5 μmでは吸収率は20倍以上も改善される。短波長のレーザビームを金属表面にパルス的に集光照射すると、表面が蒸発またはプラズマ化し、レーザビームの吸収率が非常に高くなる。したがって、短波長のレーザビームによって金属表面を溶かして長波長レーザビームの吸収のきっかけを作り、続いて長波長レーザビームで主加工を行うことにより、金属を効率良く奥深くまで溶かすことが可能となる。続いて、本発明の第2の実施例について図2を参照して説明する。なお、以下の各実施例において同一の構成要素には同一符号を付して説明

を省略する。図2に示す第2の実施例が第1の実施例と異なる点は、部分反射ミラー2の代わりにビームキッカ11を用いた点にある。

【0020】ビームキッカ11は、ポッケルスセルなどの電気光学結晶11a (KTPやADPからなる) と偏向フィルタ11b とからなる。電気光学結晶11a にはトリガーとなるパルス信号が与えられ、これによってレーザビーム ω の偏向面をパルス的に90°回転させてレーザビーム ω を分離し、ビーム ω_1 , ω_2 を定期的に発生する。そして偏向フィルタ11b はそれぞれのレーザビーム ω_1 , ω_2 を受け、レーザビーム ω_1 は反射してレーザビーム ω_2 は透過する。これによってレーザビーム ω_1 のみを遙倍波発生装置4に導いて遙倍波を生成する。

【0021】図10は、レーザビーム ω のパルス時系列を示したものであり、同図(a)はレーザ発振源1からのレーザビーム ω の出力波形、(b)はレーザビーム ω_2 の出力波形、(c)はレーザビーム ω_1 の出力波形を示したものである。電気光学結晶11aへ与えられるパルス信号によって波形(a)は波形(b), (c)のように分離される。なお、波形(c)は遙倍波発生装置4によってビーム $2\omega_1$ とされる。

【0022】ここで、短波長パルス(波形(c))の繰り返し周波数は、1周期の間の被加工物の移動距離がレーザビームの集光径より小さくなるように選択されることが好ましい。例えば、短波長ビームの集光径を1mm、被加工物の移動速度を4mm/minとすると、繰り返し周波数は100Hz以上となる。このような方法によっても前述の実施例と同様、被加工物100の加工性能を向上させることができる。なお、電気光学結晶11aの代わりに音響光学結晶を用いることによって偏向面をパルス的に回転させることも可能である。続いて、本発明の第3の実施例について図3を参照して説明する。

【0023】図3に示す第3の実施例では、部分反射ミラー2, 合成ミラー8の代わりに中空状の部分反射ミラー21, 合成ミラー22を用いている点が、上述した各実施例と異なる。

【0024】このような構成を採用すれば、レーザビーム ω の中間部分は部分反射ミラー21の中空部を通り抜けてレーザビーム ω_2 として利用される。一方、レーザビーム ω の周囲部分は部分反射ミラー21により分離され、レーザビーム ω_1 として遙倍波発生装置4に導かれてレーザビーム $2\omega_1$ に変換される。そして、合成ビーム ω' ($= 2\omega_1 + \omega_2$) は合成ミラー22によって再び合成され、ミラー9, 集光レンズ10を介して被加工物100上に集光照射される。

【0025】なお、被加工物100上に集光照射される合成ビーム ω' は中心部分と周囲部分との波長が微妙に異なる。そのため、両者の焦点距離の違いにより加工に不具合が生じる可能性もある。このような場合には、集光レンズ10としてその中心部分と周囲部分の焦点距離が異

なるようなレンズを使用することにより、合成ビーム ω' の焦点を被加工物100上に合致させるようにすればよい。

【0026】また、図4に示す第4の実施例のように、部分反射ミラー21の中空部を通り抜けたレーザビームの ω_1 を遙倍波発生装置4に導くような構成とすることもできる。

【0027】図5は、本発明の第5の実施例を示すものである。本実施例においてはレーザ発振源1から照射されたレーザビーム ω が全て遙倍波発生装置4に入射される構成となっている。

【0028】このように全てのレーザビーム ω を遙倍波発生装置4に入射するのは、次のような理由によるものである。つまり、遙倍波発生装置4によってレーザビーム ω が全て遙倍波 2ω となる訳ではなく、一部は ω のまま出力される。そのため、上述した各実施例のように必ずしもレーザビーム ω を ω_1 , ω_2 と分離しておく必要はなく、したがって一本のビーム光路によって単波長ビームと長波長ビームを生成し誘導することも可能となる。続いて、本発明の第6の実施例について図6を参照して説明する。

【0029】図6に示す第6の実施例では、YAGレーザからなる3台のレーザ発振源1a, 1b, 1cを並列的に設け、レーザ発振源1aからのレーザビームのみ遙倍波発生装置4に入射する構成となっている。

【0030】なお、レーザ発振源1bと1cはレーザの偏光方向が異なるものを使用する。またここで使用されるミラー7b, 8a, 8bは、レーザビームの波長と偏光方向の違いを考慮したものが選択され、これによりレーザビームを効率よく合成することができる。

【0031】このように構成された本実施例によれば、被加工物100を加工するための長波長レーザビームの出力をより多く得ることができ、より高い加工性能が見込まれる。もちろん、4台以上のレーザ発振源を利用することができる。なお、本実施例はレーザ発振源として半導体レーザなどの小型レーザを利用する場合に特に有用である。

【0032】図7に示す第7の実施例は、3台のレーザ発振源1a, 1b, 1cを並列的に設け、かつそれぞれのレーザビームを一本の光ファイバ31内を通じて集光レンズ10に導く構成としたものである。

【0033】図8に示す第8の実施例は、3台のレーザ発振源1a, 1b, 1cからのレーザビームをそれぞれ独立した光ファイバ31a, 31b, 31c内を通じて集光レンズ10に導く構成としたものである。

【0034】また、図9に示す第9の実施例は、3台のレーザ発振源1a, 1b, 1cからのレーザビームを集光レンズ10'に直接照射してビーム合成を行うものである。この場合の集光レンズ10'は、同図(b)に拡大して示すように、複数本のレーザビームをほぼ同一焦点に結ぶこと

のできるものが選択される。以上、各実施例について説明したが、本発明はその趣旨を逸脱しない範囲で種々の変更が可能である。

【0035】例えば、上述の各実施例では、レーザ発振源としてYAGレーザを用いた場合について説明したが、その他にアレキサンドライトレーザ、ルビーレーザ、チタンサファイアレーザなどの固体レーザや、上述した半導体レーザやガスレーザ、金属蒸気レーザなどの可視、赤外レーザを利用することもできる。特に半導体レーザを用いる場合には、装置全体を十分に小形化することが可能となる。

【0036】また、遙倍波発生装置4としては上述した遙倍波発生用結晶5を用いる以外にも、KrやXeなどの混合ガスや、あるいは液体を用いることによって遙倍波を生成することも可能である。また、遙倍波として2倍波について説明したが、もちろん3倍以上の遙倍波を利用することもできる。

【0037】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、レーザ発振源から発生するレーザビームを遙倍波とし、このレーザビームとレーザ発振源から発生するレーザビームとを被加工物に照射して被加工物を加工するようにしたので、まず短波長のレーザビームによって金属表面を溶かし、続いて吸収の高い長波長のレーザビームによって金属表面に容易に加工がなされる。したがって、主加工を大出力の長波長レーザで行うことも可能となり、被加工物の加工性能の向上が達成される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施例に係るレーザ加工装置を示す装置構成図。

【図2】本発明の第2の実施例に係るレーザ加工装置を

示す装置構成図。

【図3】本発明の第3の実施例に係るレーザ加工装置を示す装置構成図。

【図4】本発明の第4の実施例に係るレーザ加工装置を示す装置構成図。

【図5】本発明の第5の実施例に係るレーザ加工装置を示す装置構成図。

【図6】本発明の第6の実施例に係るレーザ加工装置を示す装置構成図。

10 【図7】本発明の第7の実施例に係るレーザ加工装置を示す装置構成図。

【図8】本発明の第8の実施例に係るレーザ加工装置を示す装置構成図。

【図9】本発明の第9の実施例に係るレーザ加工装置を示す装置構成図。

【図10】本発明のレーザ加工装置のレーザパルスの時系列を示す構成図。

【図11】従来のレーザ加工装置を示す装置構成図。

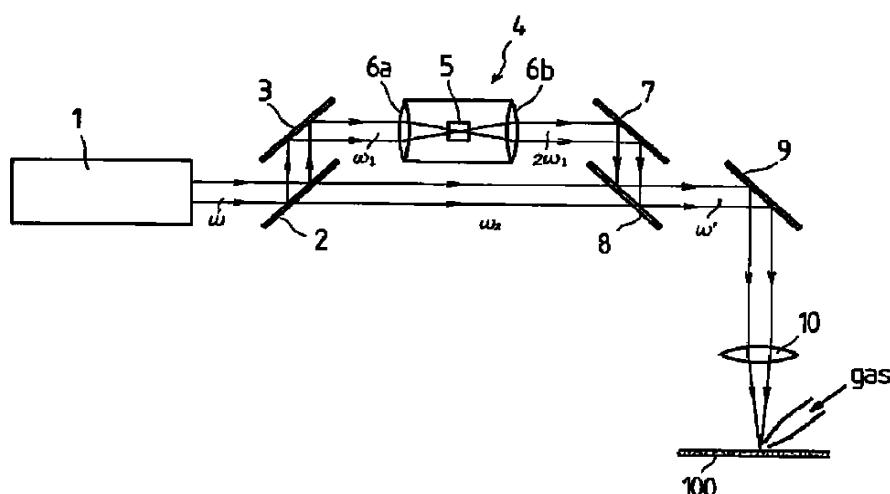
【図12】レーザ加工装置の各種出力波形を示す図。

20 【符号の説明】

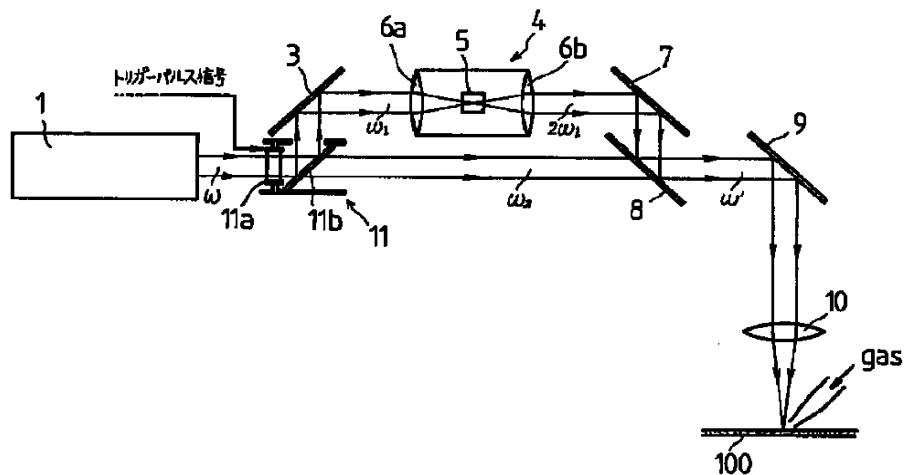
- 1 レーザ発振源
- 2 部分反射ミラー
- 4 遙倍波発生装置
- 5 遙倍波発生用結晶
- 6 レンズ
- 8 合成ミラー
- 10 集光レンズ
- 11 ビームキッカ
- 31 光ファイバ

30 100 被加工物

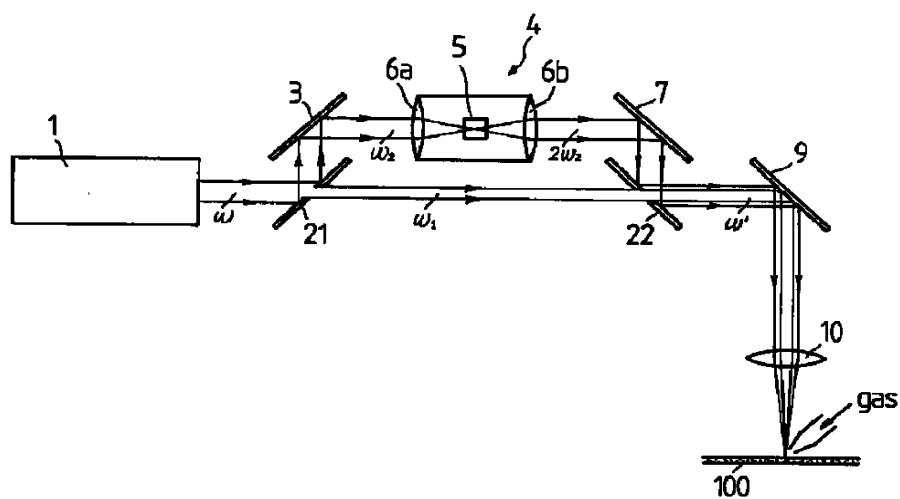
【図1】



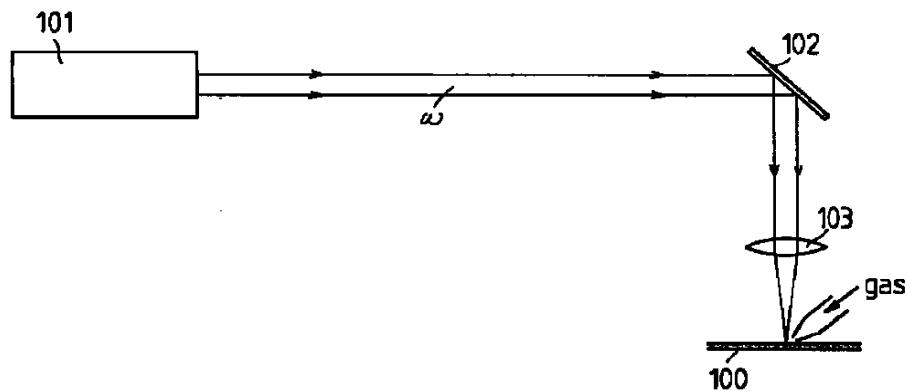
【図2】



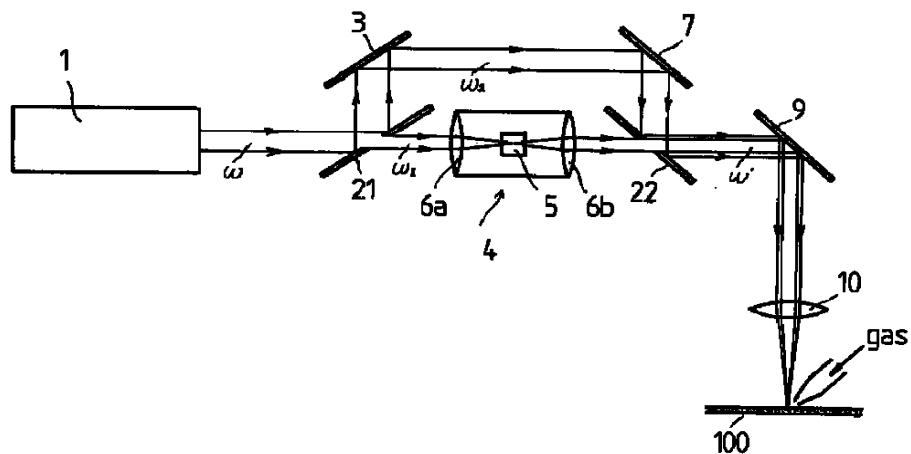
【図3】



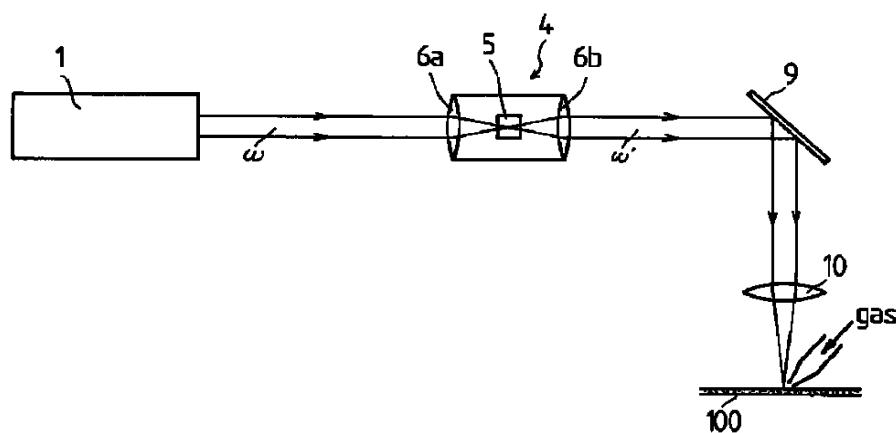
【図11】



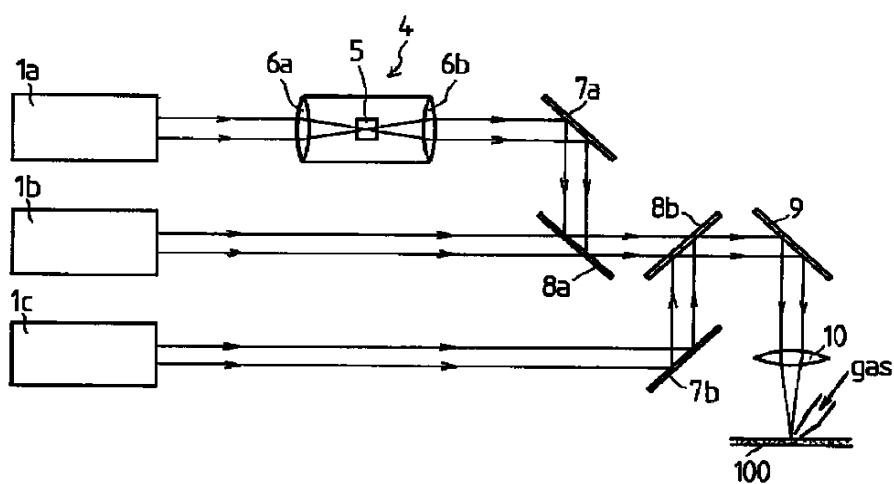
【図4】



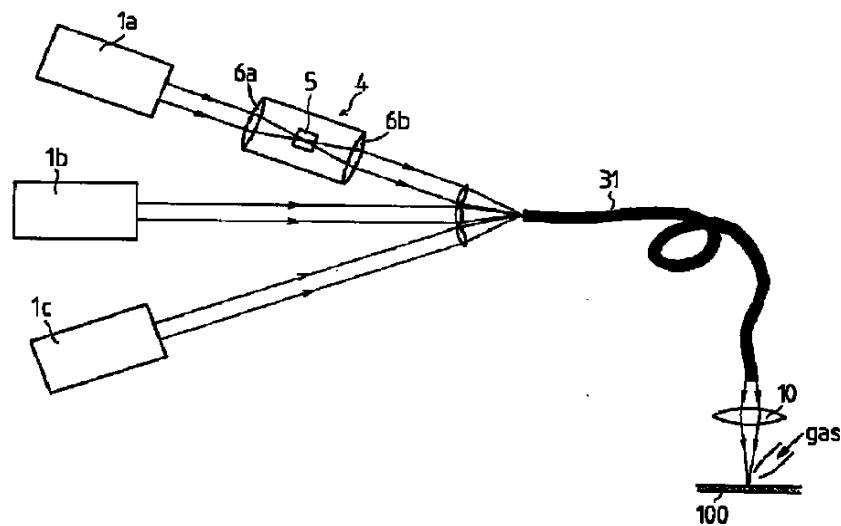
【図5】



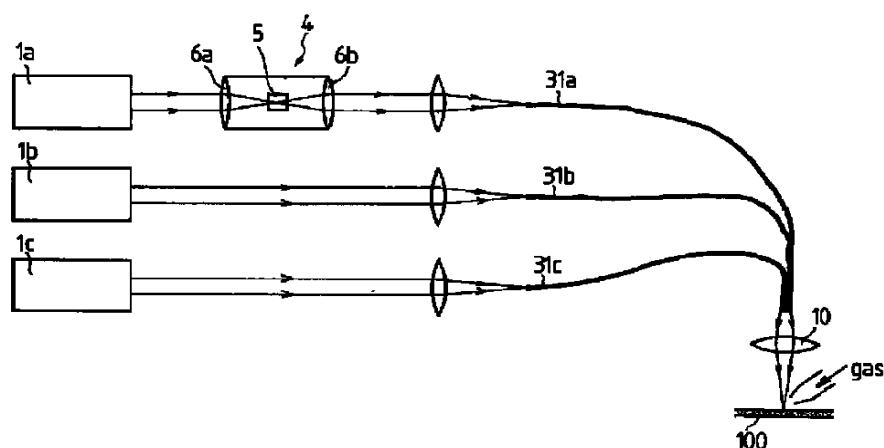
【図6】



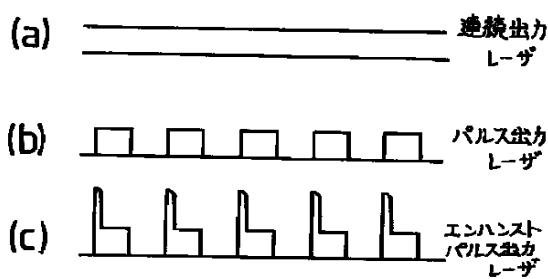
【図7】



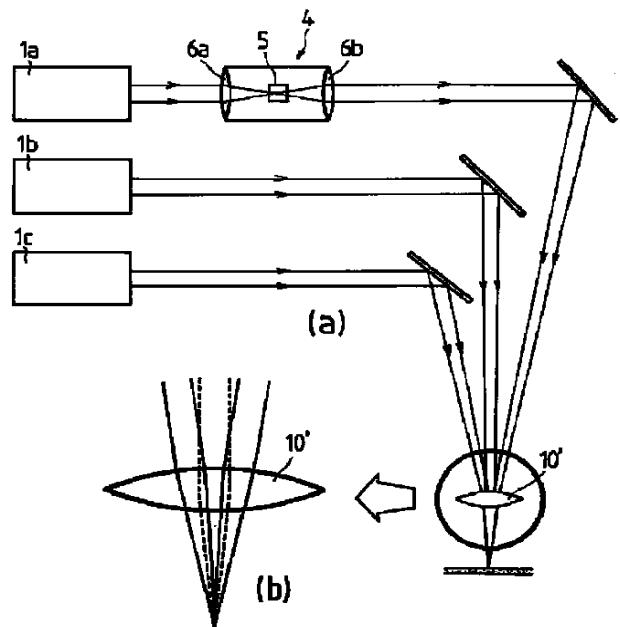
【図8】



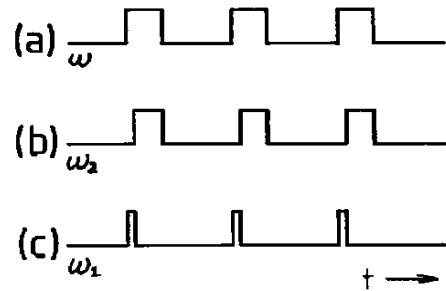
【図12】



【図9】



【図10】



PAT-NO: JP405104276A
DOCUMENT-IDENTIFIER: JP 05104276 A
TITLE: LASER BEAM MACHINE AND MACHINING
METHOD WITH LASER BEAM
PUBN-DATE: April 27, 1993

INVENTOR-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
NODA, ETSUO	
SUZUKI, SETSUO	
MORIMIYA, OSAMU	

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME	COUNTRY
TOSHIBA CORP	N/A

APPL-NO: JP03266667
APPL-DATE: October 16, 1991

INT-CL (IPC): B23K026/06 , B23K026/08 , H01S003/109

US-CL-CURRENT: 219/121.6

ABSTRACT:

PURPOSE: To provide the laser beam machine of small type and high performance which can easily machine the material to be worked of high reflecting ratio of copper or aluminum, etc., and improve the workability of SUS or iron, etc.

CONSTITUTION: A laser beam ω (1.06 μ m, wave length) irradiating from YAG laser 1 of long wavelength laser oscillating source is introduced to a multiple wave generating device 4. The multiple wave generating device 4

has a multiple wave generating crystal 5 composed of crystals of KTP, ADP, BBO, and TiNbO₃, etc., and generates a laser beam 2ω1 (short wavelength laser beam) of two times frequency, that is, the wavelength 0.53 μ m. The machining is executed by converging and irradiating both laser beams to the material to be worked 100. In this invention, the metallic surface is melted with the short wave laser beam and the opportunity, for absorbing the long wavelength laser beam is made, and the main machining is successively executed with the long wavelength laser beam, so the metal can be effectively and deeply melted.

COPYRIGHT: (C)1993,JPO&Japio